

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

11 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

3 096 739

21 N° d'enregistrement national : 19 05764

51 Int Cl<sup>8</sup> : F 01 N 3/24 (2019.01), F 01 N 11/00, 9/00

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 29.05.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 04.12.20 Bulletin 20/49.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : FAURECIA SYSTEMES D'ECHAPPEMENT Société par actions simplifiée à associé unique — FR.

72 Inventeur(s) : POINSOT Laurent et GEANT Ludovic.

73 Titulaire(s) : FAURECIA SYSTEMES D'ECHAPPEMENT Société par actions simplifiée à associé unique.

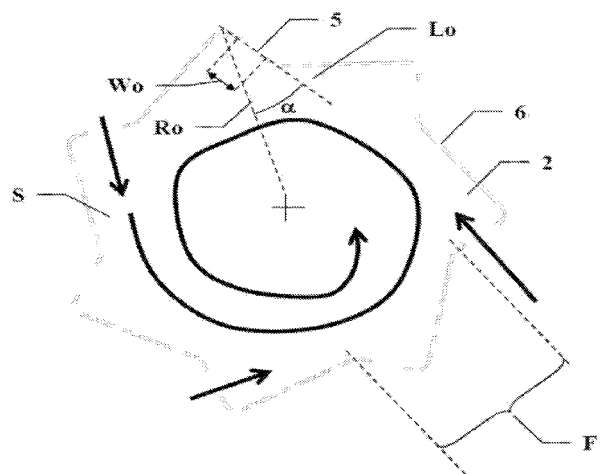
74 Mandataire(s) : Lavoix.

54 Mélangeur pour DEF.

57 Mélangeur pour DEF

Mélangeur pour mélanger une solution fluide, telle un fluide d'échappement diesel pour réduction catalytique sélective, avec un gaz, tel un gaz d'échappement, comprenant une chambre de mélange (2) en forme de cylindre généralisé obtenue par translation d'une section (S) polairement périodique le long d'un premier axe, où la solution fluide est pulvérisée dans la chambre de mélange (2) par une première extrémité axiale de celle-ci, le gaz entre dans la chambre de mélange au travers d'ouvertures (5) pratiquées dans une surface génératrice (6) de ladite chambre de mélange (2), et le mélange sort par une deuxième extrémité axiale opposée à la première extrémité axiale, où ladite section (S) est conformée en étoile, obtenue en répétant polairement périodiquement un profil élémentaire (F, F'), comprenant une ouverture (5) définie par un premier angle ( $\alpha$ ) entre un premier segment (G1) passant par les deux extrémités de ladite ouverture (5) et une droite radiale (Ro) passant par l'extrémité distale (P2) dudit premier segment (G1).

Figure pour l'abrégé : Figure 3



FR 3 096 739 - A1



## Description

### Titre de l'invention : Mélangeur pour DEF

- [0001] La présente invention concerne le domaine technique des lignes d'échappement et plus particulièrement des mélangeurs pour mélanger une solution fluide telle un fluide d'échappement diesel, FED ou DEF en anglais, ou de l'ammoniac gazeux, pour réaliser une réduction catalytique sélective, avec le gaz d'échappement.
- [0002] Il est connu de l'art antérieur de réaliser et d'utiliser un mélangeur pour mélanger une solution fluide, telle un fluide d'échappement diesel pour réduction catalytique sélective, comprenant typiquement de l'urée sous forme liquide et de l'ammoniaque sous forme gazeuse, avec un gaz, tel qu'un gaz d'échappement. Ledit mélangeur est typiquement situé dans une ligne d'échappement reliée à un moteur à combustion interne, préférentiellement de type diesel. Ledit mélangeur comprend une chambre de mélange en forme de cylindre généralisé, obtenue en translatant selon un premier axe une section polairement périodique. La solution fluide est pulvérisée, sous forme d'aérosol pour un liquide et sous forme gazeuse pour un gaz, dans une extrémité axiale de la chambre de mélange. Le gaz entre dans la chambre de mélange par des ouvertures pratiquées dans une surface génératrice de ladite chambre de mélange. Le mélange résultant, gaz et fluide liquide mélangés, sort par l'autre extrémité axiale.
- [0003] Grace à la forme de la section de la chambre de mélange, et particulièrement à l'orientation des ouvertures, lorsqu'il entre dans la chambre de mélange, le gaz est soumis à un mouvement tourbillonnant. L'objectif de ce tourbillon est premièrement d'aider l'opération de mélange de la solution fluide avec le gaz, et deuxièmement d'éviter ou du moins de limiter le dépôt de la part liquide contenue dans la solution fluide sur les surfaces internes de la chambre de mélange. Pour atteindre cet objectif, le tourbillon doit être sensiblement uniforme dans une section perpendiculaire à l'axe de la chambre de mélange et présenter un taux de rotation assez spécifique, ni trop lent, ni trop rapide. Un tourbillon non-uniforme conduirait à projeter des gouttelettes de la solution fluide sur un certain côté d'une paroi de la chambre de mélange, conduisant à une accumulation de liquide. Pour obtenir une vitesse de rotation de tourbillon uniforme à l'intérieur de la chambre de mélange, une façon est d'améliorer l'équilibre des vitesses de débit massique à chaque ouverture de la chambre de mélange. Ceci peut être obtenu en réduisant la taille d'ouverture, entraînant une augmentation de la pression en amont de la chambre de mélange et une augmentation de la vitesse aux ouvertures de la chambre de mélange. Ceci augmentera le taux de rotation du tourbillon. Ceci pourrait aussi conduire à une projection anticipée de gouttelettes par effet centrifuge sur les parois de la chambre de mélange et ainsi une performance dégradée. La section polairement périodique est, dans les meilleurs cas, conformée en

spirale. Une telle forme en spirale est difficile à régler pour obtenir un tourbillon uniforme présentant la bonne vitesse de gaz. De plus, puisqu'une telle spirale comprend des ailes courbes, une chambre de mélange en forme de spirale est difficile à fabriquer.

### **Résumé de l'invention**

- [0004] Les formes des chambres de mélange de l'art antérieur ne peuvent atteindre les objectifs pour fournir une bonne chambre de mélange.
- [0005] Il existe un réel besoin de proposer une chambre de mélange améliorée.
- [0006] Il a été découvert qu'une chambre de mélange comprenant une section en forme d'étoile pouvait répondre à ces problèmes de manière satisfaisante. Une telle section en forme d'étoile peut être obtenue en répétant polairement périodiquement un profil élémentaire, comprenant une ouverture définie par un premier angle entre un premier segment passant par les deux extrémités de ladite ouverture et une ligne radiale passant par l'extrémité distale dudit premier segment.
- [0007] Des caractéristique ou des modes de réalisation particuliers, utilisables seuls ou en combinaison, sont :
- ledit profil élémentaire comprend sensiblement uniquement des segments rectilignes,
  - le nombre de répétitions périodiques est compris entre 2 et 20, préférentiellement entre 4 et 16, encore préférentiellement entre 6 et 12,
  - ledit nombre est un nombre premier, préférentiellement 7 ou 11,
  - ledit premier angle est compris entre 0 et 90°, préférentiellement entre 10 et 80°, encore préférentiellement entre 15 et 50° et encore plus préférentiellement entre 15 et 45°,
  - ledit profil élémentaire comprend ledit premier segment comprenant l'ouverture,
  - ledit profil élémentaire comprend encore un deuxième segment, adjacent au premier segment et orienté relativement au dit premier segment d'un deuxième angle,
  - ledit deuxième angle est compris entre 45 et 90°, préférentiellement entre 60 et 90° et encore préférentiellement entre 70 et 90° lorsque le profil élémentaire comprend deux segments,
  - ledit profil élémentaire comprend encore un troisième segment, adjacent au deuxième segment et orienté relativement au dit deuxième segment d'un troisième angle,
  - ledit deuxième angle est compris entre 45 et 180°, préférentiellement entre 80 et 180° et encore préférentiellement entre 90 et 180° lorsque le profil élémentaire comprend plus de deux segments,
  - ledit troisième angle est compris entre 90 et 180° et préférentiellement entre 100 et

180°,

- la surface génératrice est fabriquée à partir d'une unique feuille de métal, découpée pour obtenir les ouvertures, pliée pour former les segments et assemblée bord à bord pour fermer la surface génératrice.

### **Description des dessins**

- [0008] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, faite uniquement à titre d'exemple, et en référence aux figures en annexe dans lesquelles :
- [0009] [fig.1] montre, en vue perspective, un mélangeur,
- [0010] [fig.2] montre, en vue perspective, un premier mode de réalisation d'une section en forme d'étoile,
- [0011] [fig.3] montre, en vue sectionnelle, le même premier mode de réalisation,
- [0012] [fig.4] montre, en vue sectionnelle, les paramètres de définition d'une section en forme d'étoile,
- [0013] [fig.5], [Fig. 6], [Fig. 7] montrent trois autres modes de réalisation de sections en forme d'étoile et leur diagramme de vitesse correspondant,
- [0014] [fig.8] montre un exemple de feuille fabriquée pour réaliser une chambre de mélange.

### **Description des modes de réalisation**

- [0015] En référence à la figure 1, montrant une vue perspective coupée, un mélangeur 1 comprend une chambre de mélange 2. Ladite chambre de mélange 2 présente une forme de cylindre généralisé, c'est-à-dire obtenu par translation d'une section S, ici une section S polairement périodique, selon un premier axe Am. Ladite translation est préférentiellement perpendiculaire à la section S. Ledit cylindre généralisé comprend alors une première extrémité axiale 3 d'un côté dudit axe Am, une deuxième extrémité axiale 4 opposée à la première extrémité axiale 3 de l'autre côté dudit premier axe Am et une surface génératrice 6 entourant ledit premier axe Am.
- [0016] La solution fluide, telle un fluide d'échappement diesel, FED (ou DEF en anglais), pour réduction catalytique sélective, RSC (ou SCR en anglais), qui est composée d'une solution aqueuse d'urée et de gaz ammoniac, est pulvérisée sous forme d'aérosol pour la partie liquide et sous forme de gaz pour la partie gazeuse dans la chambre de mélange 2 par la première extrémité axiale 3.
- [0017] Le gaz, tel un gaz d'échappement, entre dans le mélangeur 1 par une canalisation d'entrée 7. Puis le gaz entre dans la chambre de mélange 2 au travers d'ouvertures 5 disposées dans la surface génératrice 6 de ladite chambre de mélange 2.
- [0018] Dans la chambre de mélange 2, gaz et fluide sont mélangés et le mélange produit sort par la deuxième extrémité axiale 4.
- [0019] Un bon mélange est obtenu lorsque la forme de la chambre de mélange 2 et particulièrement sa surface génératrice 6, conduit le gaz à former un tourbillon dans la

chambre de mélange 2. Ledit tourbillon doit être aussi uniforme que possible dans une section perpendiculaire à l'axe Am de la chambre de mélange, tant polairement que radialement, de manière à présenter une vitesse de rotation sensiblement spécifique dans tout le volume de la chambre de mélange 2. De plus, ladite vitesse de rotation doit présenter une valeur adéquate, ni trop faible, ni trop élevée. Ceci pour assurer, premièrement un bon mélange, et deuxièmement pour éviter un dépôt de la partie liquide de la solution fluide sur la surface interne de la chambre de mélange 2.

- [0020] Afin de régler tant la forme du tourbillon que l'intensité de la valeur de la vitesse de rotation, préférentiellement de manière séparée, il est d'un grand intérêt de disposer d'une conception paramétrique dont les paramètres peuvent être adaptés, préférentiellement en simulation, jusqu'à obtenir un tourbillon optimal.
- [0021] Pour ces raisons, selon l'invention, ladite section S de la chambre de mélange 2 est conformée en étoile. Un premier mode de réalisation est illustré à la figure 2, en vue perspective.
- [0022] Plus précisément, en référence aux figures 3 et 4, ladite section S en forme d'étoile est obtenue en répétant de manière polairement périodique un profil élémentaire F, F'. Ledit profil élémentaire F, F' comprend une ouverture 5 orientée selon un premier angle  $\alpha$  relativement à un rayon. Autrement dit, un premier segment G1 passant par les deux extrémités de ladite ouverture 5 est orienté d'un premier angle  $\alpha$  relativement à une droite radiale Ro, partant du centre de ladite section S, soit, de l'axe Am, et passant par l'extrémité distale P2 dudit premier segment G1. L'ouverture 5 est encore définie par sa largeur Wo. La droite Lo est une droite reliant les deux extrémités de ladite ouverture 5 et ainsi supportant ledit premier segment G1.
- [0023] Selon une caractéristique importante, ledit profil élémentaire F, F' ne comprend sensiblement que des segments rectilignes G1, G2, G2', G3. Cette caractéristique permet de simplifier la fabrication de la chambre de mélange 2, par pliage d'un flan plat, comme expliqué plus avant. Surtout, ceci autorise le profil élémentaire F, F' et donc la section S à être définis par peu de paramètres : longueurs respectives des segments G1, G2, G2', G3 et angles  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  respectifs entre ces segments G1, G2, G2', G3. Le mot sensiblement signifie ici que l'on autorise des rayons de pliage, en tant qu'exception, entre les segments successifs G1, G2, G2', G3.
- [0024] Il a été vu qu'un profil élémentaire F, F' est polairement périodiquement répété. En référence à la figure 4, il peut être vu que cela signifie qu'un profil élémentaire F, F' s'étend sur un angle  $\delta$  égal à  $360^\circ/N$ , avec N le nombre entier de répétitions périodiques.
- [0025] Selon une caractéristique de l'invention, ledit nombre N de répétitions périodiques est compris entre 2 et 20, préférentiellement entre 4 et 16, encore préférentiellement entre 6 et 12. Le nombre N est un compromis. Plus N est grand, plus le tourbillon peut

être polairement uniforme. Plus  $N$  est petit, plus la fabrication de la chambre de mélange est simple. Autrement dit, une valeur minimale de  $N$  est nécessaire pour obtenir l'uniformité du flux tourbillonnant. Mais une augmentation supplémentaire de  $N$  est limitée par les contraintes du procédé de fabrication.

- [0026] Avantagement, le nombre  $N$  est un nombre premier. Cette caractéristique est reliée à la gestion du bruit. Un nombre premier  $N$  conduit à des longueurs d'onde plus importantes, et ainsi à une potentielle réduction du bruit. Parmi les nombres premiers dans les intervalles retenus, les deux nombres premiers 7 et 11 sont préférés.
- [0027] Le premier angle  $\alpha$  détermine l'orientation de l'ouverture 5 et ainsi la forme et l'intensité du tourbillon lorsque le gaz entre dans la chambre de mélange 2. Le premier angle  $\alpha$  est compris entre 0 et 90°, préférentiellement entre 10 et 80°, encore préférentiellement entre 15 et 50° et encore plus préférentiellement entre 15 et 45°. Ce premier angle  $\alpha$  permet de gérer la vitesse tourbillonnante en découplant la vitesse d'entrée à l'ouverture 5, reliée de manière proche à la largeur  $W_0$  de l'ouverture, et la vitesse de rotation. En particulier, l'équilibre de vitesse de débit massique à l'ouverture 5 pourrait être améliorée en réduisant la largeur totale  $W_0$  de l'ouverture 5. Ceci augmente la vitesse tourbillonnante. Ceci peut être contrebalancé en augmentant l'angle  $\alpha$ . Cet exemple montre comment l'angle  $\alpha$  peut régler la vitesse de rotation du tourbillon.
- [0028] Un angle extrême de 90° entraîne une injection du flot selon une direction purement radiale donc sans production de tourbillon. Puisque un tourbillon fonctionnellement obligatoire, un angle de 90° n'est pas adapté.
- [0029] Selon une autre caractéristique, le premier segment  $G_1$  du profil élémentaire  $F$  comprend l'ouverture 5. Préférentiellement le premier segment  $G_1$  est aligné avec l'ouverture 5. De manière à massivement laisser entrer le gaz dans la chambre de mélange 2, la largeur  $W_0$  de l'ouverture doit être maximisée. En conséquence, la longueur du premier segment  $G_1$  est sensiblement égale à la largeur  $W_0$  de l'ouverture 5, aux limites des contraintes de fabrication. Ainsi, l'extrémité distale  $P_2$  du premier segment  $G_1$  coïncide presque avec une extrémité de l'ouverture 5, tandis que l'extrémité proximale  $P_1$  du premier segment  $G_1$  coïncide presque avec l'autre extrémité de l'ouverture 5.
- [0030] En référence à la figure 4, un profil élémentaire  $F, F'$ , composé de segments  $G_1, G_2, G_2', G_3$ , est défini par des points  $P_1-P_4$ .  $P_1$  est le premier point. Le bipoint ( $P_1, P_2$ ) définit le premier segment  $G_1$ . Le bipoint ( $P_2, P_3$ ) définit le deuxième segment  $G_2$ . Le bipoint ( $P_2, P_4$ ) définit un deuxième segment  $G_2'$  alternatif. Le bipoint ( $P_3, P_4$ ) définit le troisième segment  $G_3$ . Un rayon de pliage, non représenté, peut être présent à chacun de ces points  $P_1-P_4$ .
- [0031] Le premier point  $P_1$  et le dernier point  $P_4$ , du fait de la répétition périodique, doivent être situés sur les bords de l'angle  $\delta$  and et à la même distance du centre / de l'axe  $A_m$ ,

soit tous deux situés sur un même cercle C1. Le point le plus éloigné, que ce soit P2 ou P3, est situé sur un cercle C2 circonscrit plus grand, de même centre, de manière à ce que le profil élémentaire F, F' forme une branche de l'étoile.

- [0032] En plus du premier segment comprenant l'ouverture 5, le profil élémentaire F doit encore comprendre un deuxième segment G2, G2'. Ledit second segment G2, G2' est adjacent (et relié par P2) au premier segment G1 et orienté relativement audit premier segment G1 d'un deuxième angle  $\beta$ ,  $\beta'$ .
- [0033] Le deuxième angle  $\beta$  détermine l'orientation d'un segment G2 / mur opposé relativement à l'ouverture 5. Ledit segment G2 / mur contribue à guider le flot de gaz vers le centre / axe Am, et conditionne ainsi la forme et l'intensité du tourbillon. Ce deuxième angle  $\beta$  est compris entre 45 et 90°, préférentiellement entre 60 et 90°, encore plus préférentiellement entre 70 and 90° lorsque le profil élémentaire F comprend deux segments G1, G2.
- [0034] Avec seulement deux segments G1, G2, il est possible de concevoir une branche d'étoile. Dans un tel cas, ladite branche d'étoile est triangulaire et l'angle  $\beta$  est déterminé par la géométrie.
- [0035] Alternativement, le profil élémentaire F' peut encore comprendre un troisième segment G3. Ledit troisième segment G3 est adjacent (et relié par P3) au deuxième segment G2 et orienté relativement au second segment G2 par un troisième angle  $\gamma$ . F en trait continu illustre un profil élémentaire F avec deux segments G1, G2. F' en traits pointillés illustre un profil élémentaire F' avec trois segments G1, G2', G3, le premier segment G1 étant le même.
- [0036] Le deuxième angle  $\beta'$  détermine l'orientation d'un segment opposé G2' / mur, relativement à l'ouverture 5. Ledit segment G2' / mur contribue à guider à nouveau le flot de gaz vers le centre / axe Am, et conditionne ainsi la forme et l'intensité du tourbillon. Ce deuxième angle  $\beta'$  est compris entre 45 et 180°, préférentiellement entre 80 et 180° et encore préférentiellement entre 90 et 180°, lorsque le profil élémentaire F' comprend plus de deux segments G1, G2', G3.
- [0037] Le troisième angle  $\gamma$  détermine mieux et complexifie le mur opposé. Le segment G3 / mur définit plus précisément la forme et l'intensité du tourbillon. Avec uniquement deux segments G1, G2, tels qu'illustré par le profil élémentaire F, cette forme est triangulairement contrainte et l'orientation du deuxième segment G2 est imposée. Un troisième segment G3 autorise un degré de liberté, tel qu'illustré par le profil élémentaire F', lors de la conception dudit mur opposé, et particulièrement l'orientation du deuxième segment G2', tout en assurant la contrainte de périodicité de terminer le profil élémentaire F', avec un point final P4 sur le premier cercle C1. Le troisième angle est compris entre 90 et 180° et préférentiellement entre 100 et 180°.
- [0038] Des essais et des simulations ont été réalisés qui montrent que l'ajout d'un quatrième

ou d'autres segments, n'améliore pas de manière significative les capacités de réglage du tourbillon et du moins pas suffisamment pour justifier la complexité de fabrication additionnelle correspondante.

- [0039] Les figures 2 et 3 illustrent une chambre de mélange dont la section S comprend sept branches de deux segments.
- [0040] Les figures 5, 6 et 7 illustrent trois autres modes de réalisation, avec en superposition, un diagramme de vitesse du gaz obtenu. Tous comprennent six branches. Le mode de réalisation de la figure 5 montre un profil élémentaire comprenant deux segments. Le diagramme de vitesse montre des différences de couleur (niveaux de gris) indicatives de la présence d'un gradient de vitesse dans le flot de gaz. Le mode de réalisation de la figure 6 montre un profil élémentaire comprenant trois segments. Le premier angle  $\alpha$  est le même que à la figure 5. Le deuxième angle  $\beta'$  est proche de  $90^\circ$ . Le diagramme de vitesse montre en niveaux de gris une vitesse tourbillonnante. Ceci indique que le deuxième segment G2' participe de la génération du tourbillon, mais l'orientation de l'ouverture, définie par le premier angle  $\alpha$  est le contributeur principal. Le mode de réalisation de la figure 7 montre un profil élémentaire comprenant trois segments, mais avec des angles  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  différents de ceux du mode de réalisation précédent. Particulièrement le premier angle  $\alpha$  a été réduit comparativement à la figure 6. Le diagramme de vitesse montre (en niveaux de gris) certaines différences indicatives d'un gradient de vitesse, tant radial que polaire, dans le flot de gaz. Il montre encore une vitesse tourbillonnante plus faible comparativement à la figure 6.
- [0041] Un avantage important lié au fait que le profil élémentaire F, F' et ainsi la section S, soit composés de segments G1, G2, G2', G3 rectilignes, est que la surface génératrice 6 de la chambre de mélange 2 peut être fabriquée simplement à partir d'une simple feuille ou flan de métal. Tel qu'illustré à la figure 8, ledit flan, de forme sensiblement rectangulaire, est découpé pour obtenir les ouvertures 5 et rectilinéairement plié, le long des lignes pointillées 8, correspondant aux points P1-P4, pour former les segments G1, G2, G2', G3 / murs. La forme de cylindre généralisé est ainsi obtenue. Elle est terminée en assemblant les deux extrémités en regard, de manière à fermer la surface génératrice 6.
- [0042] L'invention concerne encore une ligne d'échappement comprenant un tel mélangeur 1.
- [0043] L'invention concerne encore un véhicule comprenant une telle ligne d'échappement.
- [0044] L'invention a été illustrée et décrite en détail dans les dessins et la description précédente. Celle-ci doit être considérée comme illustrative et donnée à titre d'exemple et non comme limitant l'invention à cette seule description. De nombreuses variantes de réalisation sont possibles.

## Liste des signes de référence

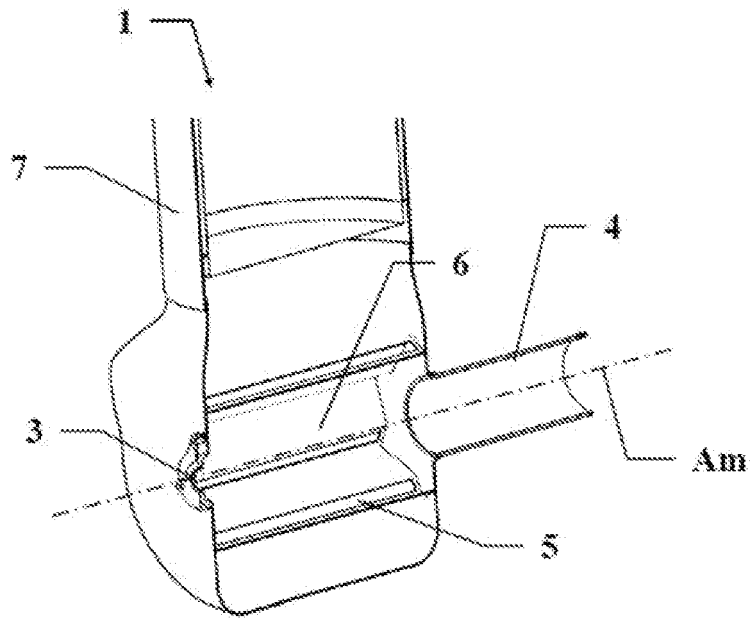
- [0045]
- 1: mélangeur,
  - 2: chambre de mélange,
  - 3: première extrémité axiale,
  - 4: deuxième extrémité axiale,
  - 5: ouverture,
  - 6: surface génératrice,
  - 7: canalisation d'entrée,
  - 8: ligne de pliage,
  - Am: axe de la chambre de mélange, centre de la section,
  - S: section,
  - F, F': profil élémentaire,
  - G1, G2, G2', G3: segments de profil élémentaire,
  - $\alpha$ : orientation de l'ouverture,
  - $\beta$ ,  $\beta'$ ,  $\gamma$ : angles entre segments,
  - P1-P4: points de définition d'un profil élémentaire,
  - $\delta$ : angle de périodicité,
  - N: nombre de périodes,
  - Ro: rayon,
  - Lo: droite passant par l'ouverture,
  - Wo: largeur de l'ouverture,
  - Ao: axe de l'ouverture,
  - C1, C2: cercles.

## Revendications

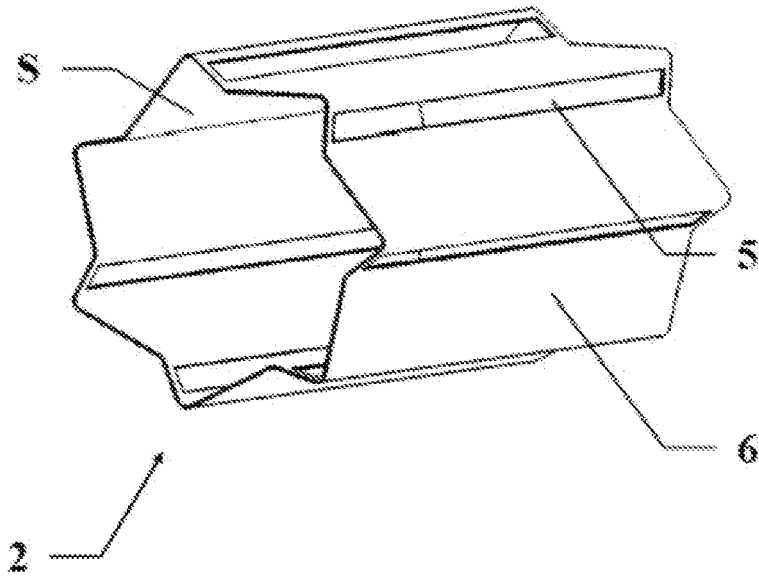
- [Revendication 1] Mélangeur (1) pour mélanger une solution fluide, telle un fluide d'échappement diesel pour réduction catalytique sélective, avec un gaz, tel un gaz d'échappement, comprenant une chambre de mélange (2) en forme de cylindre généralisé obtenu en translatant une section (S) polairement périodique selon un premier axe ( $A_m$ ), où la solution fluide est pulvérisée dans la chambre de mélange (2) par un première extrémité axiale (3) de celle-ci, le gaz entre dans la chambre de mélange (2) au travers d'ouvertures (5) pratiquées dans une surface génératrice (6) de ladite chambre de mélange (2), et le mélange sort par une deuxième extrémité axiale (4) opposée à la première extrémité axiale (3), **caractérisée en ce que** ladite section (S) est conformée en étoile, obtenue en répétant polairement périodiquement un profil élémentaire (F, F'), comprenant une ouverture (5) définie par un premier angle ( $\alpha$ ) entre un premier segment (G1) passant par les deux extrémités de ladite ouverture (5) et une droite radiale (Ro) passant par l'extrémité distale (P2) dudit premier segment (G1), ledit profil élémentaire (F, F') comprenant ledit premier segment (G1) comprenant l'ouverture (5).
- [Revendication 2] Mélangeur (1) selon la revendication 1, où ledit profil élémentaire (F) comprend sensiblement uniquement des segments (G1, G2, G2', G3) rectilignes.
- [Revendication 3] Mélangeur selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, où le nombre (N) de répétitions périodiques est compris entre 2 et 20, préférentiellement entre 4 et 16, et encore préférentiellement entre 6 et 12.
- [Revendication 4] Mélangeur (1) selon la revendication 3, où ledit nombre (N) est un nombre premier, préférentiellement 7 ou 11.
- [Revendication 5] Mélangeur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, où ledit premier angle ( $\alpha$ ) est compris entre 0 et 90°, préférentiellement entre 10 et 80°, encore préférentiellement entre 15 et 50° et encore plus préférentiellement entre 15 et 45°.
- [Revendication 6] Mélangeur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, où ledit profil élémentaire (F, F') comprend encore un deuxième segment (G2, G2'), adjacent au premier segment (G1) et orienté relativement audit premier segment (G1) d'un deuxième angle ( $\beta$ ,  $\beta'$
- [Revendication 7] Mélangeur (1) selon la revendication 6, où ledit deuxième angle ( $\beta$ ) est compris entre 45 et 90°, préférentiellement entre 60 et 90° et encore préférentiellement entre 70 et 90° lorsque le profil élémentaire (F)

- comprend deux segments (G1, G2).
- [Revendication 8] Mélangeur (1) selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, où ledit profil élémentaire (F') comprend encore un troisième segment (G3), adjacent au deuxième segment (G2') et orienté relativement audit deuxième segment (G2') d'un troisième angle ( $\gamma$ ).
- [Revendication 9] Mélangeur (1) selon la revendication 8, où ledit deuxième angle ( $\beta'$ ) est compris entre 45 et 180°, préférentiellement entre 80 et 180° et encore préférentiellement entre 90 et 180° lorsque le profil élémentaire (F') comprend plus de deux segments (G1, G2', G3)
- [Revendication 10] Mélangeur (1) selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, où ledit troisième angle ( $\gamma$ ) est compris entre 90 et 180° et préférentiellement entre 100 et 180°.
- [Revendication 11] Mélangeur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, où la surface génératrice (6) est fabriquée à partir d'une simple feuille de métal, coupée pour obtenir les ouvertures (5), pliée pour former les segments (G1, G2, G2', G3) et assemblée bord à bord pour fermer la surface génératrice (6).
- [Revendication 12] Ligne d'échappement comprenant un mélangeur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- [Revendication 13] Véhicule comprenant une ligne d'échappement selon la revendication précédente.

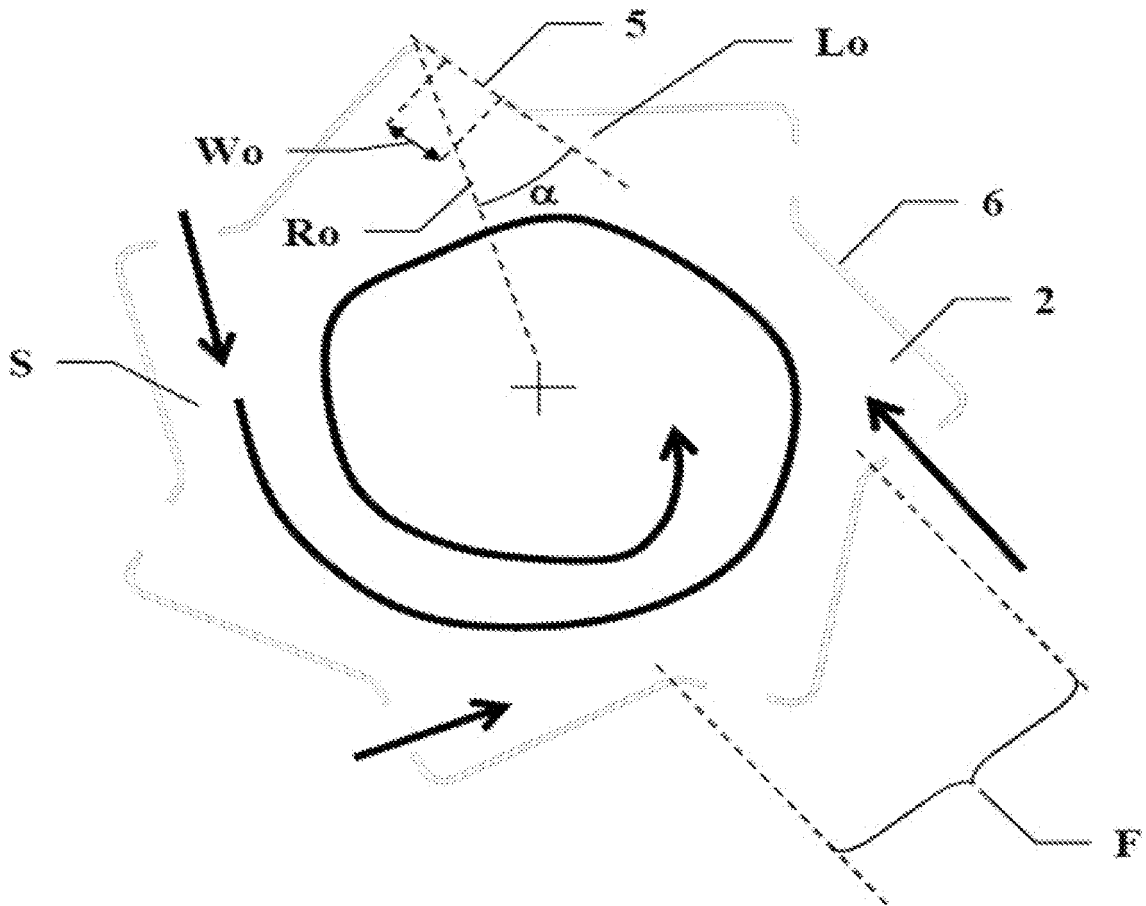
[Fig. 1]



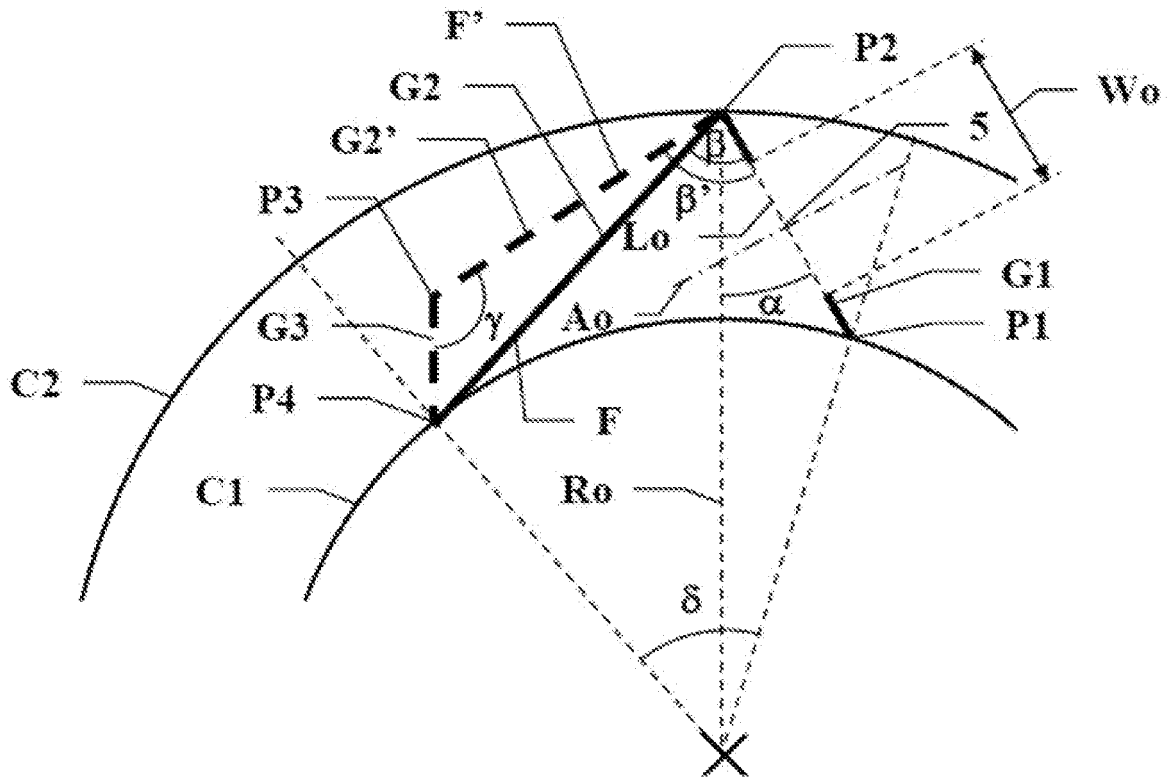
[Fig. 2]



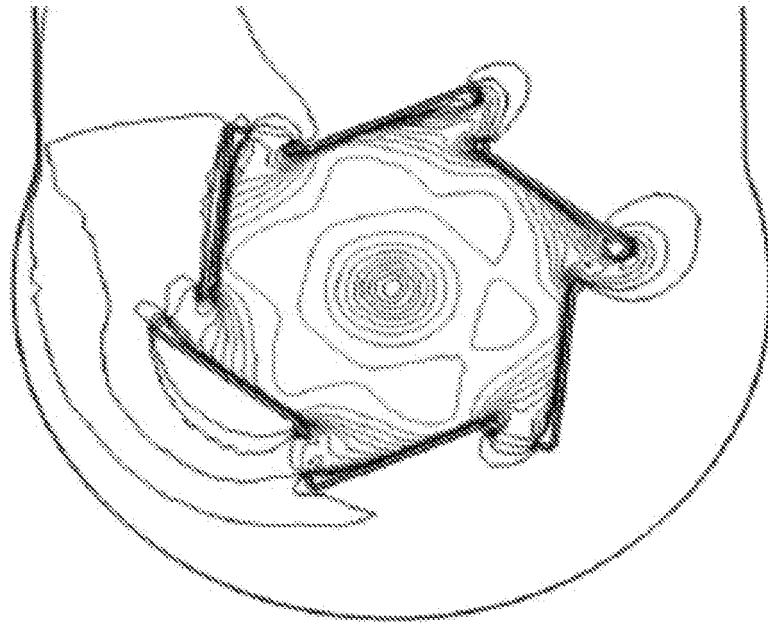
[Fig. 3]



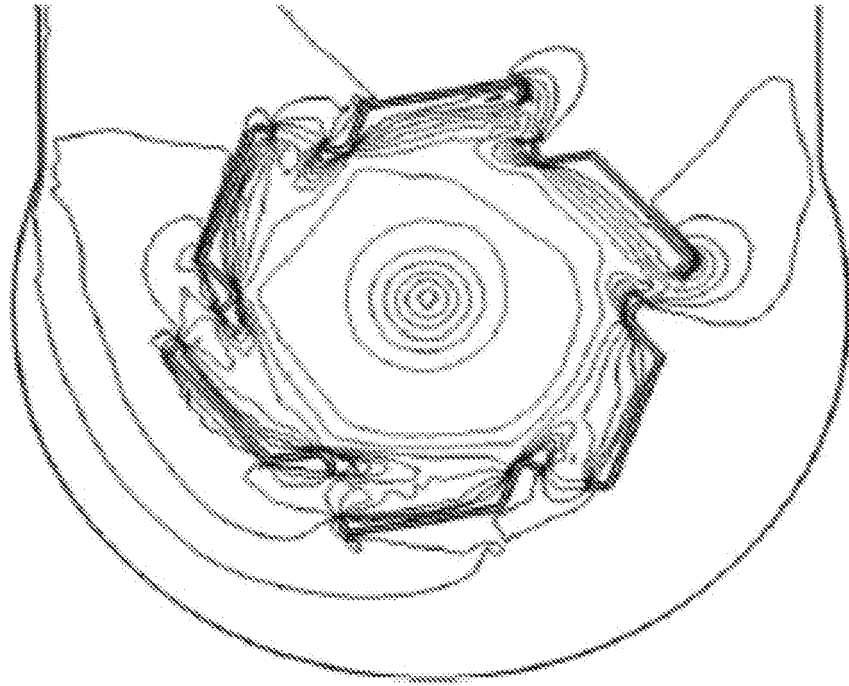
[Fig. 4]



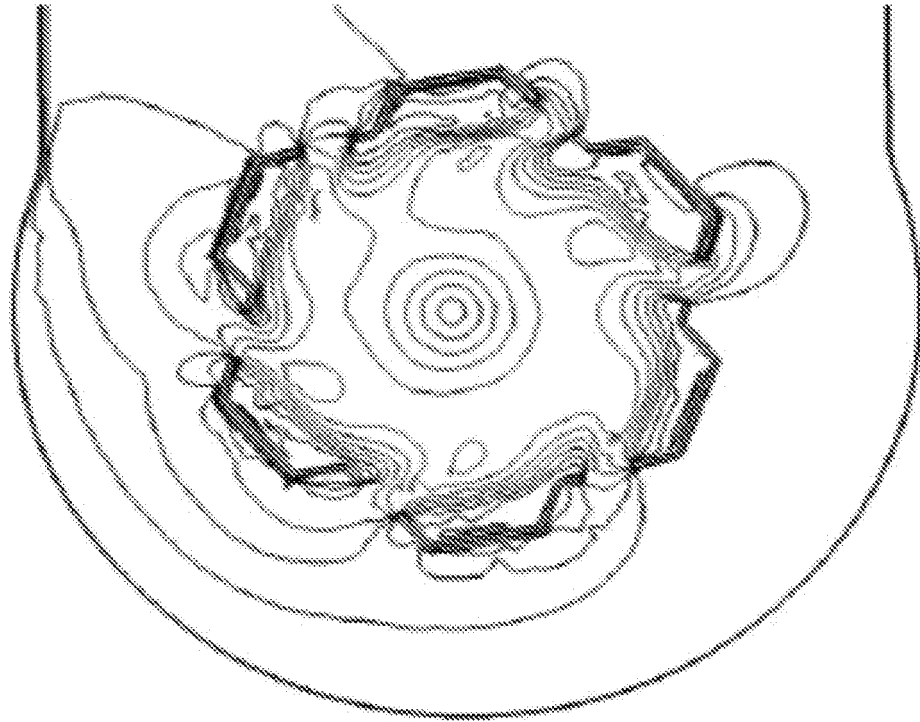
[Fig. 5]



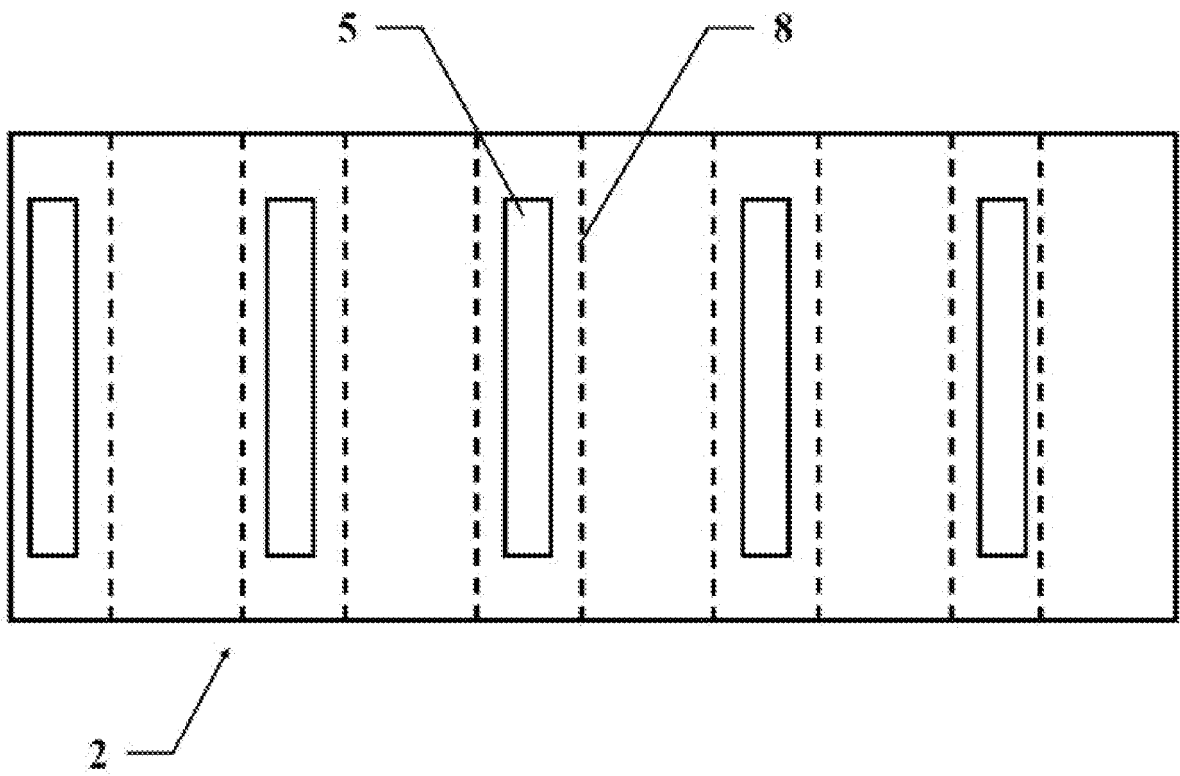
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



**RAPPORT DE RECHERCHE  
 PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications  
 déposées avant le commencement de la recherche

 N° d'enregistrement  
 national

 FA 870491  
 FR 1905764

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 3 067 529 A1 (MAN TRUCK & BUS AG [DE]) 14 septembre 2016 (2016-09-14) * figures 1,2b *	1-7, 11-13	F01N3/24 F01N11/00 F01N9/00
X	DE 20 2014 102872 U1 (TENNECO GMBH [DE]) 9 juillet 2014 (2014-07-09) * figures 9,9a,11 *	1-7, 11-13	
A	US 9 920 676 B2 (PERKINS ENGINES CO LTD [GB]) 20 mars 2018 (2018-03-20) * figure 11 *	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F01N B01F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 janvier 2020		Harf, Julien	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1905764 FA 870491**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **09-01-2020**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3067529	A1	14-09-2016	BR 102016004734 A2	20-09-2016
			CN 105971697 A	28-09-2016
			DE 102015002974 A1	15-09-2016
			EP 3067529 A1	14-09-2016
			RU 2016108107 A	12-09-2017
			US 2016265409 A1	15-09-2016
-----				
DE 202014102872	U1	09-07-2014	CN 106488797 A	08-03-2017
			DE 102014108809 B3	25-06-2015
			DE 202014102872 U1	09-07-2014
			US 2017114693 A1	27-04-2017
			WO 2015188999 A1	17-12-2015
-----				
US 9920676	B2	20-03-2018	CN 105378245 A	02-03-2016
			EP 2984308 A1	17-02-2016
			US 2016326931 A1	10-11-2016
			WO 2014167355 A1	16-10-2014
-----				